

Requested Patent: JP2000078784A
Title: PERMANENT MAGNET ELECTRIC MOTOR ;
Abstracted Patent: JP2000078784 ;
Publication Date: 2000-03-14 ;
Inventor(s): FUKUDA YOSHIFUMI; NARITA KENJI; TSUKAMOTO SATOSHI ;
Applicant(s): FUJITSU GENERAL LTD ;
Application Number: JP19980246709 19980901 ;
Priority Number(s): JP19980246709 19980901 ;
IPC Classification: H02K1/27 ;
Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase reluctance torque and to keep the strength of a rotor core which maintains magnet torque in a permanent magnet electric motor. **SOLUTION:** In a permanent magnet electric motor with an inner rotor, a piece of permanent magnet 11 of a trapezoidal section is used per pole of a rotor core 10. The upper side of the trapezoidal section of this permanent magnet 11 is made to face a center hole 4. The distance between this upper side and the center hole 4 should be a given value l , and the bottom side of the trapezoidal section is made to face the outside circumference of the rotor core 10. Four pieces of the permanent magnets 11 which have this trapezoidal section are embedded at an equal interval in the circumferential direction of the rotor core 10 with neighboring permanent magnets 11 having a different pole against each other. Riveting parts 12 are formed on a (q) axis in the range surrounded between the permanent magnets 11 and center hole 4, so that rivets 13 are passed in the range between the permanent magnet 11 and the outside circumference of the rotor core 10.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-78784
(P2000-78784A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl.⁷
H02K 1/27

識別記号
501

F I
H02K 1/27

テーマコード(参考)
501A 5H622
501K

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全6頁)

(21) 出願番号 特願平10-246709

(22) 出願日 平成10年9月1日 (1998.9.1)

(71) 出願人 000006611

株式会社富士通ゼネラル
神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72) 発明者 福田 好史

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式
会社富士通ゼネラル内

(72) 発明者 成田 憲治

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式
会社富士通ゼネラル内

(74) 代理人 100083404

弁理士 大原 拓也

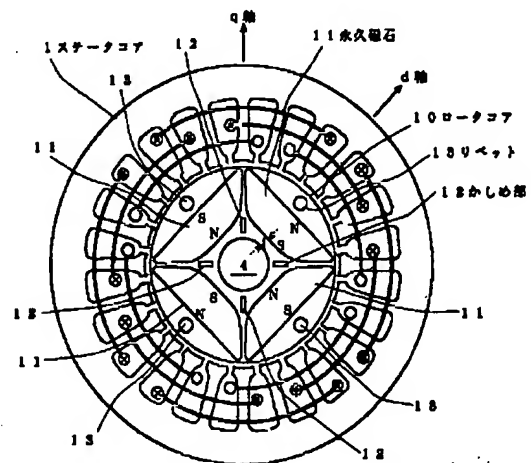
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石電動機

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石電動機において、マグネットトルクを維持したままリラクタンストルクを上げ、かつロータコアの強度を保つ。

【解決手段】 インナーロータ型の永久磁石電動機において、ロータコア10の1極当り断面台形の永久磁石11を1つ用い、この永久磁石11の断面台形の上辺を当該中心孔4に向けるとともに、この上辺と当該中心孔4との間隔を所定値1とし、かつ前記断面台形の底辺をロータコア10の外周に向け、この断面台形の永久磁石11をロータコア11の円周方向に4つ等間隔に埋設し、この隣接している永久磁石11を異極とする。永久磁石11と中心孔4との間の領域でq軸上にかしめ部12を形成し、永久磁石11とロータコア10の外周との間の領域でリベット13を通す。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアの1極当り断面台形の永久磁石を1つ用い、該永久磁石の断面台形の上辺を当該中心孔に向けるとともに、該上辺と当該中心孔との間隔を所定値とし、かつ前記断面台形の底辺を前記ロータコアの外周に向け、該断面台形の永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項2】 ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアの1極当り断面台形の永久磁石を1つとして同永久磁石の上辺を当該中心孔に向けるとともに、該上辺と当該中心孔との間隔を所定値とし、かつ該断面台形の底辺を前記ロータコアの外周に向けて当該極数分だけ等間隔に埋設するために、予め断面台形の孔を設ける一方、少なくとも前記永久磁石の断面台形の底辺側両角を面取りし前記孔に埋設し、かつ該隣接している永久磁石を異極とし、該永久磁石の両端側にフラックスバリアを形成するようにしたことを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項3】 前記隣接している異極の永久磁石の斜辺はq軸に沿って平行であり、かつ該隣接している異極の永久磁石の間隔は所定値として前記ロータコア外周部と当該中心部とを連結してなる請求項1または2記載の永久磁石電動機。

【請求項4】 前記永久磁石と前記中心孔との間の領域で、かつq軸付近にかしめ部を形成し、前記永久磁石と前記ロータコアの外周との間の領域にリベットを通してなる請求項1または2記載の永久磁石電動機。

【請求項5】 前記永久磁石はフェライト磁石である請求項1、2、3または4記載の永久磁石電動機。

【請求項6】 前記ロータコアを組み込んでブラシレスDCモータとしてなる請求項1、2、3または4記載の永久磁石電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は空気調和機や冷蔵庫等に用いるインナーロータ型の永久磁石電動機に係り、特に詳しくはマグネットトルクおよびリラクタンストルクを有効利用して高効率化を可能とする永久磁石電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インナーロータを有する永久磁石電動機としては、例えば図4に示す構成のものが提案されている。

【0003】図4において、ステータコア1内の磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）2は、ほぼ断面扇状の永久

磁石3を1極当り1個埋設してなるとともに、円周方向に極数分だけ等間隔に配置し、かつそれら隣接する永久磁石3を異極としている。なお、4はシャフトを通す孔（中心孔；軸孔）、5はリベット、6、7はかしめ部である。

【0004】ここに、永久磁石による空隙部（ステータコアの歯と永久磁石との間）の磁束分布が正弦波状になっているものとする、永久磁石電動機のトルク T は $T = P_n \{ \Phi_a \cdot I_a \cdot \cos \beta - 0.5 (L_d - L_q) \cdot I^2 \cdot \sin 2\beta \}$ で表される。なお、 T は出力トルク、 Φ_a はd、q座標軸上の永久磁石による電機子鎖交磁束、 L_d 、 L_q はd、q軸インダクタンス、 I_a はd、q座標軸上の電機子電流の振幅、 β はd、q座標軸上の電機子電流のq軸からの進み角、 P_n は極対数である。

【0005】前記数式において、第1項は永久磁石によるマグネットトルクであり、第2の2項はd軸インダクタンスとq軸インダクタンスとの差によって生じるリラクタンストルクである。なお、詳しくは、T. IEEE Japan, Vol. 117-D, No7, 1997の論文を参照されたい。

【0006】また、前記論文によると、各極の永久磁石を多層構造とすることにより、リラクタンストルクを有効利用することが記載されている。例えば、ステータコア1内のロータコアは、断面円弧状の永久磁石を1極当り2個配置し、つまり2層構造になっている。これは前述した1極当り1個（1層）の場合と比較して、d軸インダクタンス L_d が小さく、q軸インダクタンス L_q が大幅に大きくなり、これにより前記数式におけるパラメータのインダクタンス差（ $L_d - L_q$ ）の値が大きくなり、その結果モータトルク T が大きくなる。

【0007】このように、リラクタンストルクを有効利用すれば、モータトルク T の増大を図ることができ、1極当りの永久磁石を多層構造にすれば、リラクタンストルクをより有効利用することになる。詳細は、前記論文を参照されたい。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記永久磁石電動機において、ほぼ断面扇状の永久磁石3と中心孔4との距離1はロータコア（コアシート）の強度上から最小限の寸法とする必要があり（図5参照）、ロータコア2内にはどうしても磁石のない無駄な領域（同図の波線矢印a、b参照）が生じてしまう。なお、図5は図4に示すロータコアの拡大図である。

【0009】しかも、永久磁石の使用量（磁石量）を多くするために、断面扇状の弧の曲率半径を大きくすると、その無駄な領域が大きくなってしまい、それに伴って、永久磁石3とロータコア1の外周との間の領域（図5の実線矢印c参照）が小さくなる。その結果、q軸インダクタンスが小さくなってd軸とのインダクタンス差

が小さくなるため、リラクタンストルクが小さくなり、ひいてはモータの効率向上が図れない。

【0010】また、前記論文に記載されている多層構造の永久磁石を有するロータコアの場合には、前述したような欠点を解消することができるが、1極当り複数個の永久磁石を使用することから、製造コストが高くなる。したがって、製造コスト面では1極当り1つの永久磁石を使用することが好ましい。

【0011】この発明は前記課題に鑑みなされたものであり、その目的は1極当り1つの永久磁石を使用し、ロータコアの強度を低下させることなくマグネットトルクを維持することにより、リラクタンストルクの有効利用を図ることができ、ひいてはモータの効率を上げることができるようにした永久磁石電動機を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、この発明はステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアの1極当り断面台形の永久磁石を1つ用い、該永久磁石の断面台形の上辺を当該中心孔に向けるとともに、該上辺と当該中心孔との間隔を所定値とし、かつ前記断面台形の底辺を前記ロータコアの外周に向け、該断面台形の永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴としている。

【0013】この発明はステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアの1極当り断面台形の永久磁石を1つとして同永久磁石の上辺を当該中心孔に向けるとともに、該上辺と当該中心孔との間隔を所定値とし、かつ該断面台形の底辺を前記ロータコアの外周に向けて当該極数分だけ等間隔に埋設するために、予め断面台形の孔を設ける一方、少なくとも前記永久磁石の断面台形の底辺側両角を面取りし前記孔に埋設し、かつ該隣接している永久磁石を異極とし、該永久磁石の両端側にフラックスバリアを形成するようにしたことを特徴としている。

【0014】この場合、前記隣接している異極の永久磁石の斜辺はq軸に沿って平行であり、かつ該隣接している異極の永久磁石の間隔は所定値として前記ロータコア外周部と当該中心部とを連結すると好ましい。

【0015】前記永久磁石と前記中心孔との間の領域で、かつq軸付近にかしめ部を形成し、前記永久磁石と前記ロータコアの外周との間の領域にリベットを通すと好ましい。

【0016】前記永久磁石はフェライト磁石であるといふ。

【0017】前記ロータコアを組み込んでブラシレスDCモータとするとよい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図1ないし図3を参照して詳しく説明する。なお、図中、図3と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0019】この発明の永久磁石電動機は、1極当り1つの永久磁石を断面台形形状にすれば、永久磁石の間隔が狭くなって無駄なスペースを省ける一方、永久磁石の使用量を減らすことなく、永久磁石と中心孔との間隔を必要程度とれ、かつ永久磁石とロータコアの外周との間の領域が広くなることに着目したものである。

【0020】そのため、図1および図2示すように、この三相四極の永久磁石電動機のロータコア（磁石埋込型界磁鉄心）10は、1極当り1つの断面台形形状の永久磁石（例えばフェライト磁石）11を用い、この断面台形形状の上辺を中心孔4に向け、その底辺をコア外周に向けて配置し、この永久磁石11を円周方向に4つ埋設し、かつ隣接する極の永久磁石11を異極にして埋設している。

【0021】また、隣接する永久磁石11の斜辺は平行であり、これにより図5に示す波線矢印a、bに対応する領域（無駄な領域）を省くことができ、つまりマグネットで埋めることができる。したがって、その領域分永久磁石11の使用量（磁石量）が増え、後述する断面台形とコア外周との間の領域が広くなる分、永久磁石11の使用量が減ってもトータルの使用量としては従来と変わらず、マグネットトルクの維持が可能である。

【0022】さらに、各永久磁石11の断面台形の底辺が直線であるため、この底辺とコア外周との間の領域（図4に示す実線矢印cに対応する領域）が従来より広くなり、つまりステータコア1からの磁束の路（磁路）をより確保することができる。これにより、インダクタンス差（ $L_d - L_q$ ）の値が大きくなってリラクタンストルクが大きくなる。

【0023】この場合、永久磁石11の上辺と中心孔4との間の距離1は従来同様に最小限の寸法とする。これにより、中心孔4の周りではリベット通しが難しいとはいふものの、かしめ部12をその中心孔4の周りでq軸上に形成することができるとともに、前述したように、永久磁石11とコア外周との間の領域が広くなることから、リベット13をその領域に通すことができる。

【0024】また、前記永久磁石11の断面台形の両角部を所定曲率の曲面（R面）としたり、もしくはその両角部をカットするなどして面取りすることが好ましい。これによれば、永久磁石11の製造時やロータコア10に埋め込む際に、その角部分の欠け等を防止することができる。

【0025】また、図3に示すように、ロータコア20に埋設する永久磁石21の断面台形の両底辺の角をより大きいRとし（より大きく丸め）、永久磁石21の端部

にフラックスバリア14a, 14bを形成し、磁束の漏洩、短絡を防止する。この場合、永久磁石21を埋設する孔およびフラックスバリア14a, 14bの孔は1つの孔15で済み、しかもこの孔15に埋め込んだ永久磁石21がロータコア20の回転時に動くこともない。

【0026】なお、図3中、図1と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、ステータコアについては図1を参照されたい。

【0027】前記ロータコア10, 20の製造においては、コアプレス金型を用いて自動プレスで電磁鋼板を打ち抜き、金型内でかしめて一体的に形成するコア積層方式（自動積層方式）を採用する。このプレス加工工程において、中心孔4、永久磁石11の埋設孔、かしめ部12、リベット13を通す孔を打ち抜き、図2に示すように、自動的にプレスし、コアシート10aをかしめながら積層してロータコア10を形成する。なお、図3に示すロータコア20の場合には、永久磁石11の埋設孔とフラックスバリア14a, 14bの孔とは一体化した孔15として打ち抜く。

【0028】しかる後、成形した低コストのフェライト磁石を永久磁石11, 20の孔に埋設し、かつ永久磁石11, 21を厚さ方向（ロータコア10の径方向）に磁化、着磁する。

【0029】また、図2に示すように、ロータコア10, 20の両端部に蓋をした後、リベット13を通してかしめて当該ロータコア10, 20の製造が終了する。したがって、ロータコア10, 20の製造コストは従来と殆ど同じに済む。

【0030】図1について追加的に説明すると、これは、永久磁石電動機を三相四極モータとした場合であり、24スロットのステータコア10にはU相、V相およびW相の電機子巻線が施されており、外径側の電機子巻線がU相、内径側の電機子巻線がW相、その中間の電機子巻線がV相になっているが、スロット数や電機子巻線数が異なってもよい。

【0031】また、前述したロータコア10をブラシレスDCモータに利用し、例えば空気調和機のコンプレッサ等に適用すれば、空気調和機の性能アップ、信頼性の向上が図れる。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、この永久磁石電動機の請求項1記載の発明によると、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアの1極当たり断面台形の永久磁石を1つ用い、該永久磁石の断面台形の上辺を当該中心孔に向けるとともに、該上辺と当該中心孔との間隔を所定値とし、かつ前記断面台形の底辺を前記ロータコアの外周に向け、この断面台形の永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、この隣接している永久磁石を異極としてなるので、断面

台形形状によりロータコア内を有効に利用して永久磁石の使用量（磁石量）を減らすことなく、マグネットトルクを維持することができる一方、ロータコアの強度を低下させることなくステータコアからの磁束の路（磁路）を確保することができることから、リラクタンストルクを有効利用することができ、ひいては高効率モータを実現することができるという効果がある。

【0033】請求項2記載の発明によると、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアの1極当たり断面台形の永久磁石を1つとして同永久磁石の上辺を当該中心孔に向けるとともに、この上辺と当該中心孔との間隔を所定値とし、かつこの断面台形の底辺を前記ロータコアの外周に向けて当該極数分だけ等間隔に埋設するために、予め断面台形の孔を設ける一方、少なくとも前記永久磁石の断面台形の底辺側面角を面取りして前記孔に埋設し、かつ該隣接している永久磁石を異極とし、この永久磁石の両端側にフラックスバリアを形成するようにしたので、断面台形形状によりロータコア内を有効に利用して永久磁石の使用量（磁石量）を減らすことなく、マグネットトルクを維持することができる一方、ロータコアの強度を低下させることなくステータコアからの磁束の路（磁路）を確保することができるため、リラクタンストルクを有効利用することができるばかりか、フラックスバリアによって磁束の漏洩、短絡を防止することができ、ひいてはより高効率モータを実現することができるという効果がある。

【0034】請求項3記載の発明によると、請求項1または2において前記隣接している異極の永久磁石の斜辺はq軸に沿って平行であり、かつ該隣接している異極の永久磁石の間隔は所定値として前記ロータコア外周部と当該中心部とを連結してなるので、請求項1または2の効果に加え、よりリラクタンストルクの発生に寄与することができるという効果がある。

【0035】請求項4記載の発明によると、請求項1または2において前記永久磁石と前記中心孔との間の領域で、かつq軸付近にかしめ部を形成し、前記永久磁石と前記ロータコアの外周との間の領域にリベットを通してなるので、請求項1または2の効果に加え、前記断面台形形状によりかしめ部の形成およびリベット通しが余裕をもってできるため、よりロータコアの強度を保つことができるという効果がある。

【0036】請求項4記載の発明によると、請求項1, 2, 3または4における永久磁石はフェライト磁石であるので、請求項1, 2, 3または4の効果に加え、希土類磁石等の高価な材料を使用しなくとも、必要なマグネットトルクおよびリラクタンストルクを得ることが可能であり、つまり低コストで高効率のモータを実現することができるという効果がある。

【0037】請求項6記載の発明によると、請求項1,

2, 3または4におけるロータコアを組み込んでブラシレスDCモータとしてなるので、請求項1, 2, 3または4の効果に加え、例えば空調機のコンプレッサ等のモータに適用すれば、空調機の性能アップ、信頼性の向上が図られ、さらには低コスト化をも図ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態を説明するための永久磁石電動機の概略的平面図。

【図2】図1に示す永久磁石電動機を構成するロータコアの概略的断面図。

【図3】この発明の他の実施の形態を説明するためのロータコアの概略的平面図。

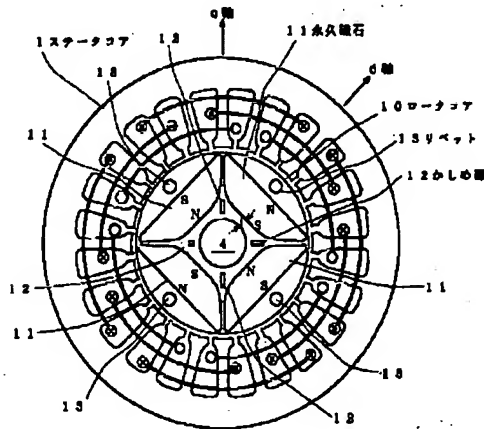
【図4】従来の永久磁石電動機を説明するための概略的平面図。

【図5】図4に示す永久磁石電動機を構成するロータコアの概略的断面図。

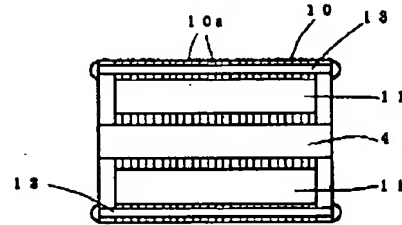
【符号の説明】

- 1 ステータコア
- 4 中心孔（シャフト用軸孔）
- 10, 20 ロータコア（磁石埋込型界磁鉄心）
- 11, 21 永久磁石
- 12 かしめ部
- 13 リベット
- 14a, 14b フラックスバリア
- 15 孔（永久磁石用およびフラックスバリア用）

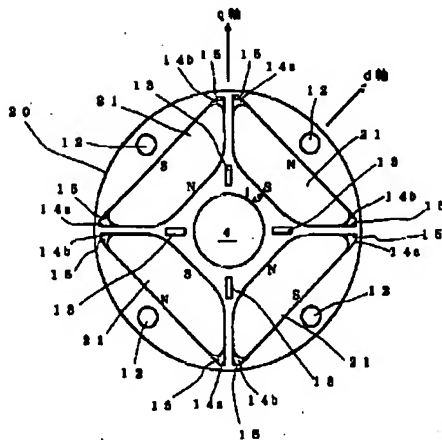
【図1】



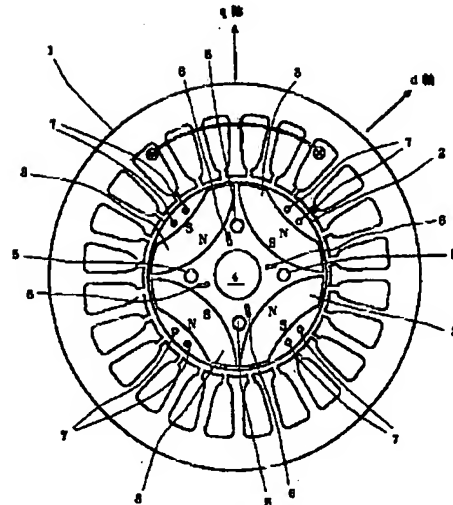
【図2】



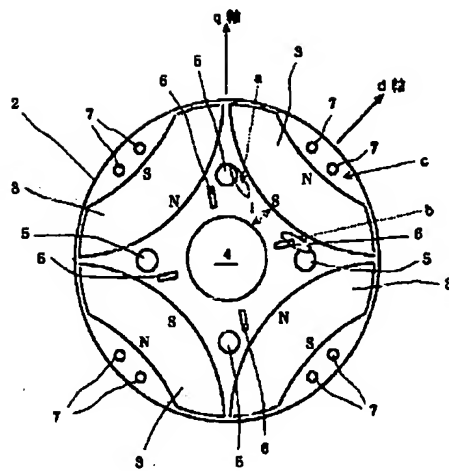
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 塚本 聡
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式
会社富士通ゼネラル内

Fターム(参考) 5H622 CA02 CA07 CA10 CA13 CB04
CB05 DD01 PP03 PP11 PP12
PP14 PP16